

# Teoria de Circuits

## Problemes Tema III

Enginyeria de Sistemes TIC (iTIC)  
EPSEM - UPC

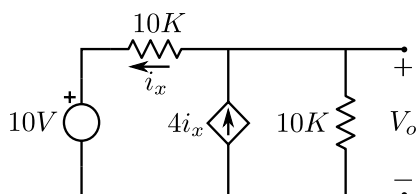
Jordi Bonet Dalmau  
Rosa Giralt Mas

Març de 2012

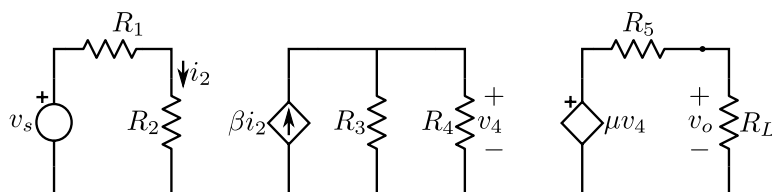
### 3 Anàlisi de circuits amb fonts controlades

En aquest tema presentem un nou tipus d'element de circuit: les fonts controlades. Les fonts controlades ens permetran modelar un tipus de dispositiu àmpliament usat en al disseny de circuits: l'amplificador operacional (AO). Abans d'entrar a analitzar circuits amb AO, cal que primer ens acostumem a analitzar circuits amb fonts controlades.

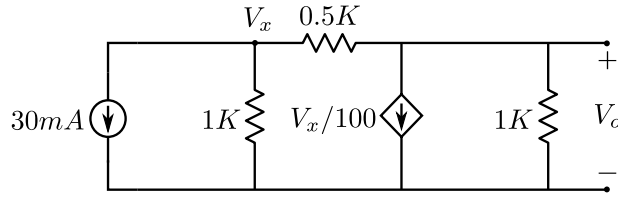
EXERCICI 3.1 Determineu l'equivalent Thevenin en terminals de  $v_o$ .



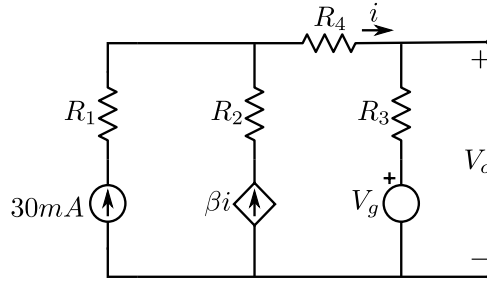
EXERCICI 3.2 Determineu l'equivalent Thevenin en terminals de  $v_o$  (sense considerar  $R_L$ ). A continuació calculeu  $v_o$  en funció de  $v_s$ .



EXERCICI 3.3 Trobeu la tensió de sortida  $v_o$ .

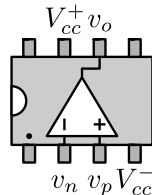


EXERCICI 3.4 Trobeu la tensió de sortida  $v_o$ .

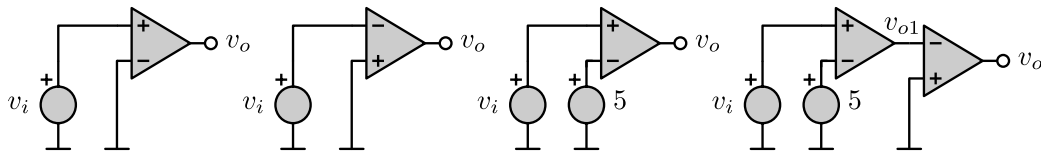


### 3 Anàlisi de circuits amb amplificadors operacionals en zona no lineal

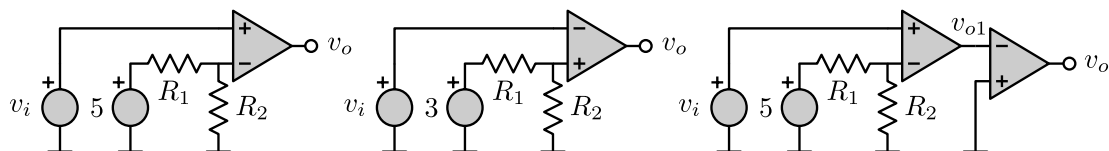
En aquest apartat, treballarem amb AO treballant en zona no lineal. Treballant d'aquesta manera, la sortida  $v_o$  només pot prendre dos valors:  $V_{sat}^+$  quan  $v_p > v_n$  i  $V_{sat}^-$  quan  $v_p < v_n$ . Recordeu que les tensions de saturació  $V_{sat}^+$  i  $V_{sat}^-$  són properes a les alimentacions  $V_{cc}^+$  i  $V_{cc}^-$  en el cas general i iguals a la pràctica en el cas particular en què els AO són *rail-to-rail IO*.



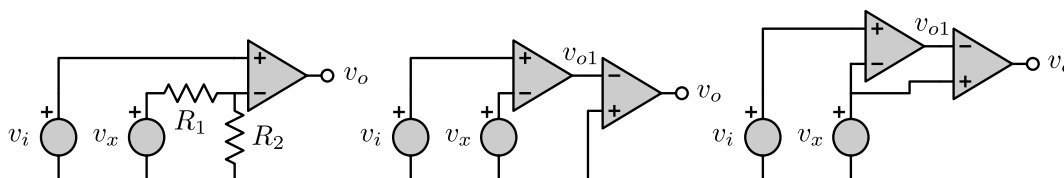
EXERCICI 3.5 Per als següents circuits determineu per a quin valors de  $v_i$  s'obté  $v_o = V_{sat}^+$  i per a quins altres  $v_o = V_{sat}^-$ . Observeu que les alimentacions  $V_{cc}^+$  i  $V_{cc}^-$  no apareixen per tal de simplificar la simbologia.



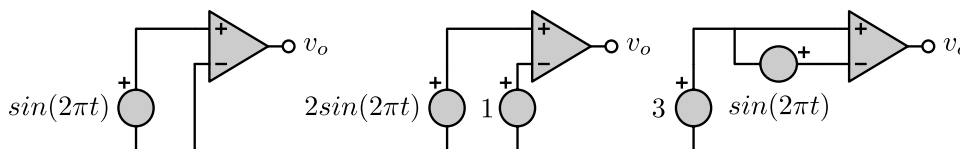
EXERCICI 3.6 Per als següents circuits determineu per a quin valors de  $v_i$  (en funció de  $R_1$  i  $R_2$ ) s'obté  $v_o = V_{sat}^+$  i per a quins altres  $v_o = V_{sat}^-$ . Observeu que les alimentacions  $V_{cc}^+$  i  $V_{cc}^-$  no apareixen per tal de simplificar la simbologia.



EXERCICI 3.7 Per als següents circuits determineu per a quin valors de  $v_i$  (en funció dels paràmetres que s'escaigui) s'obté  $v_o = V_{sat}^+$  i per a quins altres  $v_o = V_{sat}^-$ . Observeu que les alimentacions  $V_{cc}^+$  i  $V_{cc}^-$  no apareixen per tal de simplificar la simbologia.



EXERCICI 3.8 Per als següents circuits determineu per a quins instants de  $t$  s'obté  $v_o = V_{sat}^+$  i per a quins altres  $v_o = V_{sat}^-$ . Observeu que les alimentacions  $V_{cc}^+$  i  $V_{cc}^-$  no apareixen per tal de simplificar la simbologia.



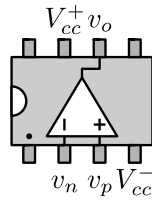
### 3 Anàlisi de circuits amb amplificadors operacionals en zona lineal

En els exercicis amb AO realitzats anteriorment hem considerat que l'AO treballa en zona no lineal. Hem pogut assegurar el funcionament en zona no lineal perquè la sortida  $v_o$  de l'AO no està connectada amb cap de les entrades  $v_p$  i  $v_n$ .

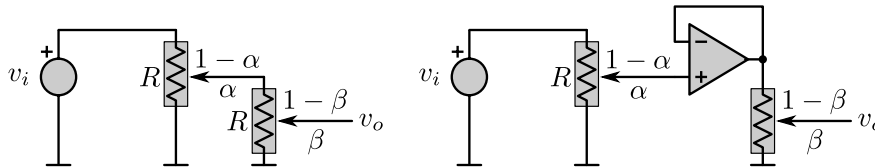
En canvi, quan l'AO té una connexió entre la sortida  $v_o$  i alguna de les entrades  $v_p$  i  $v_n$  no podem assegurar com es comporta el circuit. Coneixem algun cas particular com el comparador amb histèresi, en què una connexió entre  $v_o$  i  $v_p$  amb una resistència fa que el circuit treballi en zona no lineal o com l'amplificador inversor (o no inversor) en què una connexió entre  $v_o$  i  $v_n$  amb una resistència fa que el circuit treballi en zona lineal. En general, però, aquesta connexió, o realimentació, es pot produir simultàniament per  $v_p$  i  $v_n$ . A més, la connexió entre  $v_o$  i  $v_p$  o  $v_n$  pot realitzar-se d'una manera més complexa que amb una resistència: per exemple a través d'un amplificador inversor. Així, en general necessitarem del test de linealitat per a determinar en quina zona treballa l'AO.

En el cas de considerar que l'AO pot treballar en zona lineal, a més de considerar que el corrent a les entrades  $v_p$  i  $v_n$  és zero, es considera que la tensió a les entrades és la mateixa:  $v_p = v_n$ . Aquesta condició, anomenada curtcircuit virtual, s'afegeix a la resta d'equacions que caracteritzen el circuit. Malgrat que un circuit pugui treballar en zona

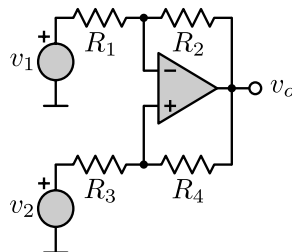
lineal, un mal disseny o un mal ús del circuit pot fer que l'AO se sature per tensió ( $v_o$  ha de ser inferior a  $V_{sat}$ ) o per corrent ( $i_o$  ha de ser inferior a  $I_{sat}$ , i aleshores el circuit deixa de treballar en zona lineal).



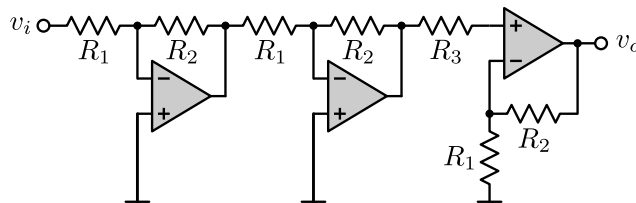
EXERCICI 3.9 Per poder obtenir amb precisió una fracció de la tensió  $v_i$ , es proposa utilitzar dos potenciòmetres. L'objectiu és que amb el segon potenciòmetre es pugui ajustar més finament la tensió seleccionada amb el primer (de forma similar a com ajusteu la tensió de la font d'alimentació al laboratori). Per als següents circuits determineu la relació entre  $v_o$  i  $v_i$ . S'aconsegueix l'objectiu desitjat? En cas contrari proposeu modificacions.



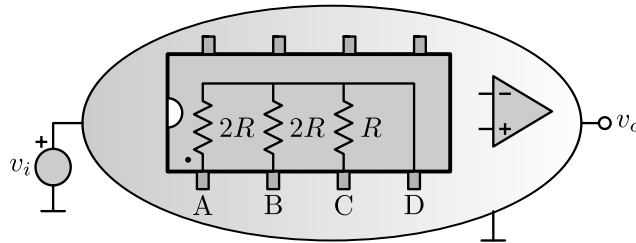
EXERCICI 3.10 Aplicant el test de linealitat determineu sota quines condicions aquest circuit treballa en zona lineal. Amb aquestes condicions, trobeu  $v_o$  en funció de  $v_1$  i  $v_2$ . Podria ser aquest circuit un amplificador diferencial? Quines modificacions cal fer en el circuit per tal d'obtenir un substractor com l'estudiat a classe?



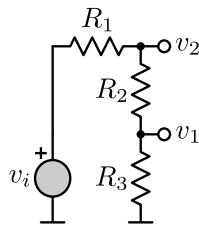
EXERCICI 3.11 En el següent circuit, doneu valor a les resistències per tal que  $v_o = 12v_i$ . Influeix  $R_3$  en el resultat?



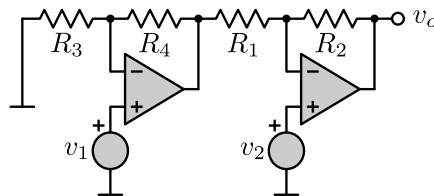
EXERCICI 3.12 Utilitzant com a màxim un AO i un encapsulat de resistències com el de l'exercici 2.4, dissenyeu diversos circuits per tal d'aconseguir  $v_o = 3v_i$ ,  $v_o = 2v_i$ ,  $v_o = 1.5v_i$ ,  $v_o = -2v_i$ ,  $v_o = -v_i$  i  $v_o = -v_i/2$ . Hi ha altres possibles amplificacions? Observeu que les alimentacions de l'AO no apareixen per tal de simplificar la simbologia, tot i que en el disseny final serien imprescindibles.



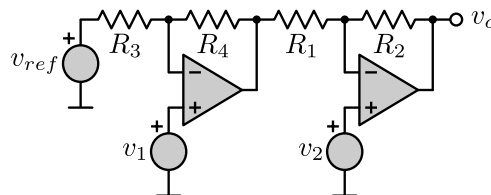
EXERCICI 3.13 Dissenyeu un circuit amb un o més AO que permeti obtenir  $v_o = v_2 - v_1$ . Si  $V_{CC}^+ = +5V$  i  $V_{CC}^- = -5V$  i  $R_1 = R_2 = R_3$  quan valdrà la sortida per a  $v_i = 10V$ ? I si  $v_i = 20V$ ?



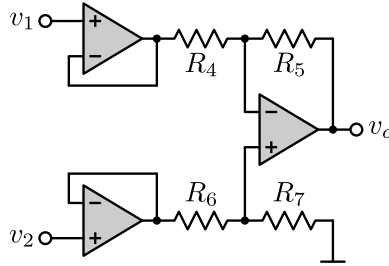
EXERCICI 3.14 Determineu la sortida  $v_o$  del següent circuit. Indiqueu quina és la relació que han de complir les resistències per tal que el circuit es comporti com un amplificador diferencial:  $v_o = k(v_2 - v_1)$ . Proposeu uns valors per tal que  $k = 10$ .



EXERCICI 3.15 Repetiu l'anàlisi per al següent circuit i proposeu uns valors de resistències per tal que  $v_o = 10(v_2 - v_1) + v_{ref}$ .



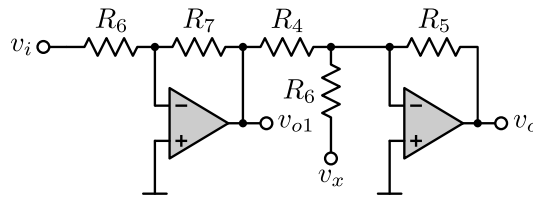
EXERCICI 3.16 Determineu la sortida  $v_o$  del següent circuit. Indiqueu quina és la relació que han de complir les resistències per tal que el circuit es comporti com un amplificador diferencial:  $v_o = k(v_2 - v_1)$ . Proposeu uns valors per tal que  $k = 10$



EXERCICI 3.17 Centrem-nos ara en un problema de condicionament de senyal. El condicionament d'un senyal  $v_i$  generat per un dispositiu consisteix en les manipulacions necessàries per tal de transformar-lo en un senyal  $v_o$  que pugui ser entregat a un altre dispositiu. Habitualment aquestes manipulacions consisteixen en amplificar i desplaçar el senyal:  $v_o = k * v_i \pm v_{DC}$ .

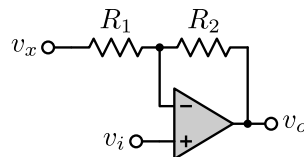
Considerem un sensor de temperatura que pot ser modelat com una font de tensió amb un valor  $v_i$  que varia entre 0.5V a 0° i 1.75V a 125°. Aquesta tensió la volem entregar a un convertidor A/D amb un rang de 0 a 5V. Quins són els valors dels paràmetres  $k$  i  $v_{DC}$  de l'expressió  $v_o = k * v_i - v_{DC}$  que necessitem en aquesta aplicació?

Analitzeu el següent circuit. Compareu el resultat amb la transformació  $v_o = k * v_i - v_{DC}$ . Identifiqueu  $k$  (una combinació de resistències) i  $v_{DC}$  (producte de  $v_x$  i una combinació de resistències).



Finalment considereu  $v_x = 5V$  i doneu valors a les resistències per tal que  $k$  i  $v_{DC}$  tinguin el valor que permet fer el condicionament. Observeu que teniu varis graus de llibertat. Per als valors proposats, quin és el valor de les alimentacions  $V_{cc}^+$  i  $V_{cc}^-$  necessari per a no saturar les sortides dels dos AO? Considereu dos AO *rail-to-rail IO*.

EXERCICI 3.18 El circuit anterior pot repartir el guany en dues etapes quan  $k$  té un valor elevat. Si no és el cas, es pot usar un circuit més simple amb un sol AO. Determineu els valors d' $R_2$ ,  $R_1$  i  $v_x$  per tal de realitzar el condicionament anterior. Per als valors proposats, quin és el valor de les alimentacions  $V_{cc}^+$  i  $V_{cc}^-$  necessari per a no saturar la sortida de l'AO? Considereu un AO *rail-to-rail IO*.





EXERCICI 3.19 Proposeu modificacions del circuit anterior per tal que amb una sola font de 5V es pugui realitzar tot el muntatge. Considereu un AO *rail-to-rail IO*. Podeu atacar el problema dissenyant un divisor de tensió amb un equivalent Thevenin igual a la font  $v_x$  en sèrie amb  $R_1$ .